



Anais do 55º Congresso Brasileiro do Concreto
CBC2013
Outubro / 2013



@ 2013 - IBRACON - ISSN 2175-8182

Concreto estrutural produzido com agregados graúdos reciclados de resíduos de construção

Structural concrete made with recycled construction coarse waste aggregates

Lorena Viana Ferreira (1); William Oliveira Bessa (2)

- (1) Aluna de graduação do curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Brasília – UNICEUB.
(2) Professor doutor, Faculdade de Engenharia Civil, Centro Universitário de Brasília – UNICEUB.
lorenavianaf@gmail.com; william.bessa@uniceub.br

Resumo

A expansão econômica do país experimentada nos últimos anos tem como consequência o desenvolvimento da construção civil. A partir de então, obras de médio e grande porte despejam resíduos sólidos de construção e demolição (RSCD) em elevada quantidade nos lixões. Isso acarreta aumento no volume de entulhos, com consequências desfavoráveis no ecossistema da região e consequente aumento nos gastos públicos. Com o advento da resolução 307 de 2002 do CONAMA, que entrou em vigor em 2 de Janeiro de 2003, foram implementadas diretrizes para efetivas reduções nos impactos ambientais. No sentido de minimizar estes efeitos e com as restrições impostas, cada vez mais estudos que envolvem o reaproveitamento de alguns destes materiais em obras de construção civil têm sido desenvolvidos, incluindo também as fases de especificação e elaboração de projetos. O presente trabalho tem como objetivo o aproveitamento de materiais provenientes de resíduos sólidos da construção civil para a utilização concretos estruturais. A metodologia consistiu na análise e caracterização dos agregados graúdos de acordo com as normas da ABNT, elaboração de traços, ensaios de compressão dos corpos de prova e comparação da resistência mecânica com concretos de referência. Os resultados encontrados permitem afirmar que concretos obtidos a partir do reaproveitamento de resíduos sólidos de construção e demolição (RSCD) podem ser utilizados na confecção de concretos estruturais.

Palavra-Chave: Resíduos de construção e demolição, reciclagem, concreto estrutural.

Abstract

The Country's economic expansion experienced in recent years has resulted in the development of the construction industry. Since then, works of medium and large size are dumping solid, construction and demolition waste (RSCD) in high quantity in landfills. This causes increase in the volume of debris, with adverse effects on the ecosystem of the region and consequent increase in public spending. With the advent of Resolution 307/2002 of CONAMA, which entered into force on 2 January 2003, guidelines for effective reductions in environmental impacts were implemented. In order to minimize these effects and restrictions, more and more studies that involve the reuse of some of these materials in construction projects have been developed, including also the stages of specification and design of projects. This paper aims to take advantage of materials from solid waste construction for structural concretes. The methodology consisted of the analysis and characterization of coarse aggregate according to the Brazilian Technical Standardize - ABNT, development of traits, compression tests of specimens and comparison of strength with concrete reference. The results support the fact that concrete obtained from the reuse of solid waste, construction and demolition (RSCD) can be used for structural concretes.

Keywords: construction and demolition waste, recycling, structural concrete.



1 Introdução

Os recursos naturais vêm se tornando foco de discussão em diversos segmentos da sociedade, principalmente os que se referem a operação e destinação dos resíduos de construção e demolição. Sob a ótica do desenvolvimento sustentável, esses resíduos devem ter seu volume reduzido ou reutilizado na cadeia produtiva.

Neste sentido, é responsabilidade da indústria da Construção Civil, bem como de todos os profissionais envolvidos, promover a conscientização e implementar esforços no sentido de reduzir tais impactos na cadeia produtiva. No enfrentamento desta questão, a destinação dos resíduos de construção e demolição é sem dúvida um dos elementos mais problemáticos da cadeia produtiva desse segmento.

O aproveitamento dos Resíduos de Construção e Demolição (RSCD) ameniza os efeitos da degradação do meio ambiente e da escassez de matéria-prima, visto que a utilização desse material reduz o impacto de sua deposição na natureza e reduz a retirada de agregados em estado natural.

O início da utilização dos RSCD ocorreu nos pós-guerra, na década de 1940, na Europa, onde centros urbanos foram total ou parcialmente destruídos. A grande massa de escombros e a falta de espaço a ser utilizado como depósito para os agregados trouxe a idéia e a oportunidade de utilização dos RSCD, proporcionando a consequente redução do uso dos agregados naturais. No Brasil, ainda é baixa a utilização de processos de reciclagem dos RSCD, aproveitando-se atualmente menos de 10% dos resíduos gerados. Entretanto, as diferenças entre as propriedades dos agregados reciclados e naturais representam um empecilho imediato à sua utilização, principalmente no que se refere à confiabilidade dos mesmos em aplicações de maior valor agregado, como é o caso de concretos voltados para a execução de elementos e reforços estruturais.

Outro aspecto que dificulta o uso dos agregados reciclados em concretos de média e alta resistência é a sua variabilidade, principalmente a dos agregados graúdos, consequência da variabilidade da composição e do próprio processo de beneficiamento dos RSCD.

Dessa forma, os agregados graúdos e miúdos provenientes de RSCD tendem a apresentar maior variação em suas propriedades, além de serem menos trabalháveis, menos resistentes, mais deformáveis (menor módulo de elasticidade), mais porosos e mais permeáveis.

O presente trabalho tem como objetivo o estudo do aproveitamento de materiais provenientes de resíduos sólidos da construção civil para a reutilização em compostos empregados no reforço de elementos estruturais em concreto armado. Para tal, torna-se fundamental a metodologia de análise e caracterização dos agregados miúdos e, principalmente, agregados graúdos, de acordo com as recomendações da ABNT, tais como:

- Absorção;
- Massa específica e massa unitária;
- Granulometria;
- Módulo de elasticidade.

A resistência mecânica dos corpos de prova elaborados com traços constituídos por agregados provenientes de RSCD foram comparados com a resistência do concreto de referência, constituído de agregados miúdos e graúdos convencionais.

2 Transformação dos RSCD em agregado

Os resíduos de construção civil, segundo a resolução 307 de 2002 do CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, CONAMA, são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concretos em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc, comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha. Os Resíduos Sólidos de Construção e Demolição (RSCD) podem ser classificados de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação de resíduos da construção civil (Resolução 307, CONAMA. (2002)).

Classificação dos resíduos da construção civil		
Classe	Especificação	Exemplos
A	Reutilizáveis ou recicláveis como agregado	a) Provenientes de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos de terraplanagem; b) Provenientes de construção, demolição reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto c) Provenientes de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidos nos canteiros de obras
B	Recicláveis para outras destinações	Plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso. (Redação dada pela Resolução nº431/11)
C	Não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação	-
D	Perigosos oriundos do processo de construção	Tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos a saúde. (Redação dada pela Resolução nº 348/04)

Os resíduos graúdos e miúdos de construção e demolição foram fornecidos pela empresa Areal Bela Vista, localizada em Sobradinho – D.F. A empresa tem serviços de exploração e produção de areia natural. O material coletado faz parte da demolição do Mané Garrincha, atual Estádio Nacional, situado em Brasília, DF.

Os materiais de RSCD utilizados são de classe A, de acordo com a resolução 307/2002 acima citada, pois continham concreto em 80% de sua composição e outros 20% de material cerâmico, telhas e argamassa.

Ainda no Areal Bela vista, ocorre a britagem primária destes materiais para sua possível utilização como agregado. O equipamento utilizado neste processo é o britador de mandíbulas.

Após esta etapa o material é repassado em uma esteira, que possui uma camada magnética superior para a retirada de pequenos fragmentos metálicos (Figura 1).

Os grãos granulometricamente menores, que passaram do processo de britagem primária, são depositados em uma nova esteira para serem lavados, estocados e comercializados com uma classificação de areia média. Os RSCD granulometricamente maiores são encaminhados para uma nova esteira, onde são lavados e posteriormente estocados (Figura 2).



Figura 1 - Britador de mandíbulas e esteira com camada magnética.



Figura 2 - Areia fina e RCD granulometricamente maiores prontos para serem estocados.

Após o processo de separação dos grãos, o agregado miúdo possui as especificações necessárias para a realização do ensaio laboratorial, porém, o agregado grúdo ainda possui dimensões granulométricas maiores do que necessário para sua aplicação em concretos estruturais, e com a finalidade de diminuir a granulometria deste material, foi realizada uma britagem secundária (Figura 3).



Figura 3 - Britador de mandíbulas para realização da britagem secundária.

Após a britagem secundária, o material grúdo atingiu a granulometria esperada, sendo ensacado e transportado para o Laboratório de Materiais do Centro Universitário de Brasília – UniCeub (Figura 4).



Figura 4 – Aspecto dos agregados miúdos e grãos para uso no laboratório.

3 Propriedade dos agregados reciclados

Agregado é o material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos. Com o objetivo de caracterizar as propriedades dos agregados, foram realizados ensaios de laboratório, tais como granulometria, absorção, massa específica e unitária.

3.1 Ensaios

3.1.1 Granulometria

Para determinação da granulometria dos agregados grãos e miúdos foram realizados os ensaios prescritos na NBR NM 248 (2003).

No caso do agregado grão de RSCD, foi obtida uma classificação de brita 2 e curva granulométrica indicada na Figura 5.

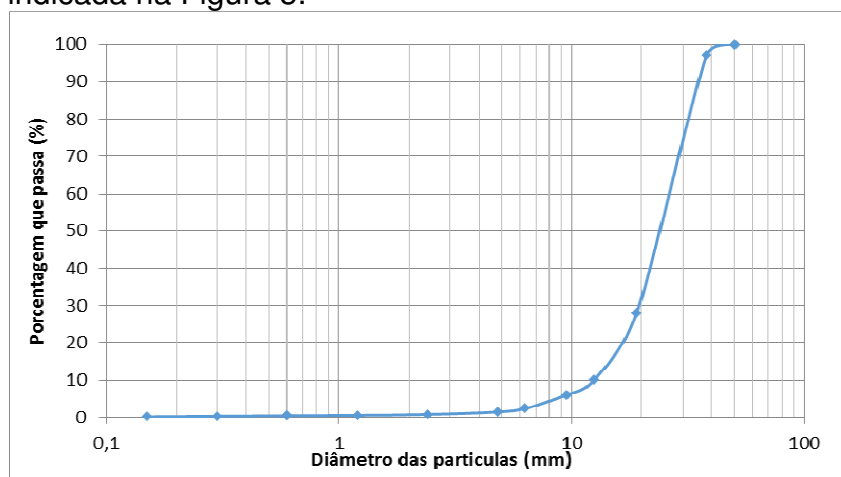


Figura 5 – Curva granulométrica de agregado grão RSCD.

Para o agregado miúdo de RSCD foi obtida uma classificação de areia média e curva granulométrica ilustrada na Figura 6.

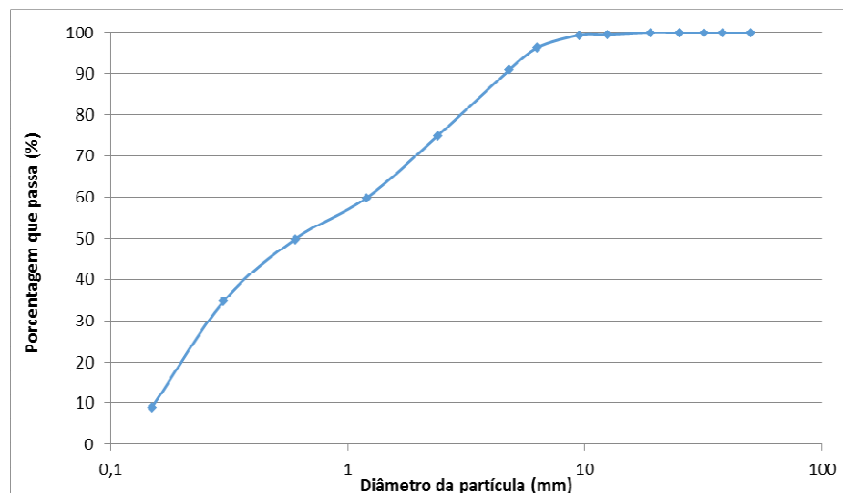


Figura 6 – Curva granulométrica de agregado miúdo RSCD.

3.1.2 Absorção

Para determinar a absorção de água nos agregados graúdos, foram realizados os procedimentos normativos contidos na NBR NM 53 (2003) - Figura 7.

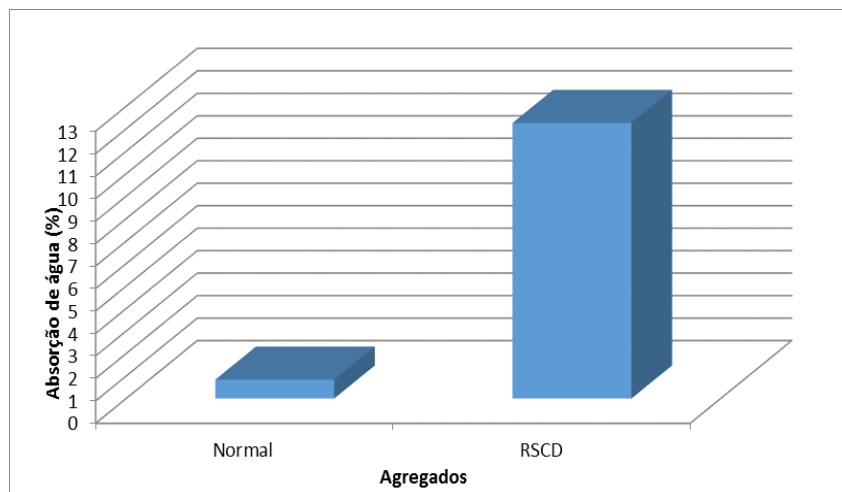


Figura 7 – Absorção de água dos agregados graúdos normal e de RSCD

O agregado graúdo de RSCD absorveu 12,26% de água e o agregado graúdo normal absorveu apenas 0,84%, quase quinze vezes menos. Este resultado indica que no momento da mistura do concreto, o agregado de RSCD absorverá muito mais água e conseqüentemente haverá a necessidade de repor a mesma, com o objetivo de atingir a mesma trabalhabilidade e resistência mecânica de concreto utilizando agregados naturais.

3.1.3 Massa unitária e massa específica

O reconhecimento da massa unitária e massa específica dos materiais é de fundamental importância para a dosagem do concreto. Para a determinação da massa unitária dos agregados foram utilizados os procedimentos normativos da NBR NM 45 (2006) apresentando os resultados encontrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Massa unitária dos agregados miúdos

Agregado	Massa unitária (g/cm³)
Miúdo normal	1,43
Miúdo RSCD	5,94

Para a determinação da massa específica dos agregados graúdos de RSCD foram realizados os procedimentos normativos contidos na NBR NM (2003).

No caso dos agregados miúdos de RSCD foram realizados os procedimentos normativos contidos na NBR NM 52 (2009). Este ensaio permite medir o volume total ocupado pelos grãos da amostra de agregado, cuja massa é previamente medida em estado seco. Os resultados encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Massa específica dos agregados graúdos e miúdos

Agregado	Massa específica	(g/cm³)
Graúdo Normal	Agregado	2,76
	Agregado saturado na superfície seca	2,78
	Aparente	2,82
Graúdo RSCD	Agregado	1,99
	Agregado saturado na superfície seca	2,24
	Aparente	2,64
Miúdo Normal	Aparente	2,63
Miúdo RSCD	Aparente	2,57

4 Programa experimental

A variabilidade das propriedades físicas dos agregados reciclados é facilmente percebida nos resultados de caracterização granulométrica, massa específica e absorção vistos anteriormente.

A primeira etapa consistiu na escolha de um concreto com agregados normais, estabelecido como parâmetro de comparação quando da confecção de concretos utilizando agregados de RSCD. O traço escolhido para o concreto convencional foi de 1 : 2,5 : 1,3 : 0,4 (cimento : agregado miúdo : agregado graúdo : teor A/C) em massa.

Na escolha dessa composição foi levada em consideração a necessidade de ser um traço rico, pois sua utilização será mais nobre, com um teor de argamassa de 73%. A Figura 8 ilustra os agregados graúdos e miúdos convencionais utilizados na execução do concreto.



Figura 8 – Agregado normal miúdo e do concreto na betoneira.

Após a produção do concreto na betoneira, foram realizados os procedimentos normativos contidos na NBR NM 67 (1998), com resultado de abatimento no valor de 0mm (Figura 9). Este problema ocasionaria uma baixa resistência mecânica no concreto e portanto, o teor de A/C de 0,4 foi descartado.



Figura 9 – Abatimento do concreto com agregados normais e aspecto dos corpos-de-prova com teor de A/C de 0,4.

Na escolha do novo traço, foi apenas alterado o valor do teor de A/C para 0,55 com o objetivo de que o traço escolhido apresentasse melhor trabalhabilidade. Após a produção do concreto, foi avaliada a aglomeração dos materiais no novo traço, e verificou-se um abatimento no valor de 70mm. Diante desses resultados, o traço convencional escolhido foi 1 : 2,5 : 1,3 : 0,55 (cimento : agregado miúdo : agregado graúdo : teor A/C) em massa. Diante da definição do traço convencional, foi realizado todo o programa experimental que consistiu em 04 traços de concreto utilizando agregados provenientes de RSCD (totalizando 45 corpos-de-prova) - Tabela 4, com a mesma proporção de agregados miúdos e graúdos em relação ao traço do concreto convencional, variando apenas nos teores de A/C.

Tabela 4 – Determinação do programa experimental e dos traços utilizados

Agregados (grãos e miúdos)	Classificação do concreto	Traço (kg)	Quantidade de CP's
Normal	Convencional	1 : 2,5 : 1,3 : 0,55	9
RSCD	Experimental	1 : 2,5 : 1,3 : 0,55	9
		1 : 2,5 : 1,3 : 0,60	9
		1 : 2,5 : 1,3 : 0,65	9
		1 : 2,5 : 1,3 : 0,70	9
		1 : 2,5 : 1,3 : 0,70	9

A variação da relação A/C tem como objetivo avaliar a condição de proporcionar a melhor resistência mecânica para o concreto com agregados de RSCD.

Os resultados do abatimento do tronco de cone após a produção de cada concreto na betoneira, realizado de acordo com os procedimentos normativos contidos NBR NM 67 (1998), estão indicados na Tabela 5.

Tabela 5 - Consistência do concreto pelo abatimento do tronco de cone.

Agregados (grãos e miúdos)	Classificação do concreto	Traço (kg)	Abatimento (mm)
RSCD	Experimental	1 : 2,5 : 1,3 : 0,55	0
RSCD	Experimental	1 : 2,5 : 1,3 : 0,60	0
RSCD	Experimental	1 : 2,5 : 1,3 : 0,60	80
RSCD	Experimental	1 : 2,5 : 1,3 : 0,70	140

Observou-se no decorrer dos ensaios que o traço convencional com teor de A/C 0,55 obteve uma aglomeração muito melhor do concreto que o traço de RSCD com o mesmo teor, devido a maior absorção de água dos agregados no caso do RSCD, como apresentado na Figura 10.

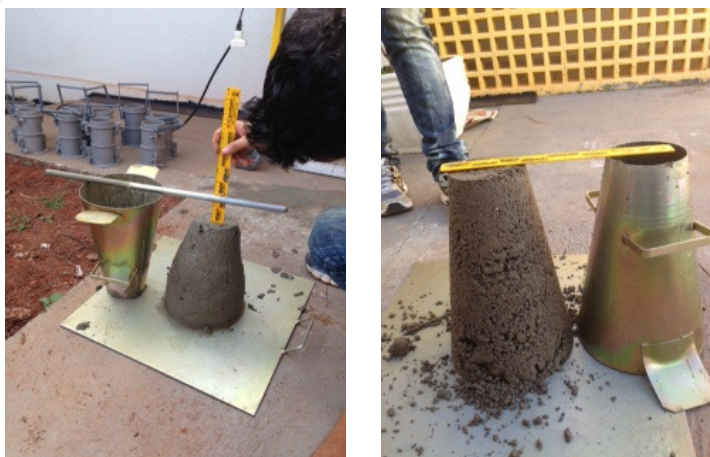


Figura 10 – Abatimento do concreto com agregados normais e abatimento do concreto com agregados de RSCD com teor A/C 0,55.

Após a preparação de cada concreto e especificado seu devido valor de abatimento, foi realizada a moldagem dos corpos-de-prova de acordo com os procedimentos normativos contidos na NBR 5738 (2003) para cada traço. Após retirá-los da forma, os corpos de

prova ficaram inertes em um tanque de água para o processo de cura apresentado na Figura 11.



Figura 11 – Tanque de armazenamento dos corpos-de-prova inertes em água para o processo de cura

A avaliação da resistência mecânica dos corpos-de-prova foi realizada no 3º (terceiro), 14º (décimo quarto) e 28º (vigésimo oitavo) dias para cada traço, de acordo com as prescrições da NBR 5739 (2007).

5 Resultados

5.1 Resistência Mecânica

Os resultados dos ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, segundo a NBR 5739 (2007), do traço convencional com agregados normais apontaram uma resistência mecânica média muito maior em comparação ao concreto com agregados de RSCD com teor A/C de 0,55 (Figura 12). A Figura 13 ilustra o comportamento dos respectivos corpos de prova.

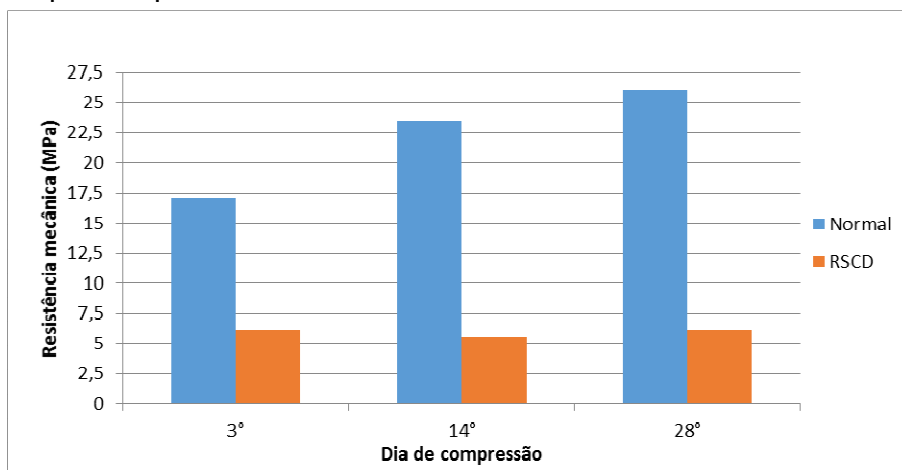


Figura 12 – Resistência mecânica média do traço convencional (1:2,5:1,3:0,55) de agregados normais e de RSCD's.



Figura 13 – Ruptura na idade de 14 dias dos CP's do traço convencional (1:2,5:1,3:0,55) de agregados normais e de RSCD.

O resultado da resistência mecânica média dos corpos de prova de concretos com agregados de RSCD, de acordo com as respectivas variações da relação A/C, estão ilustrados na Figura 14.

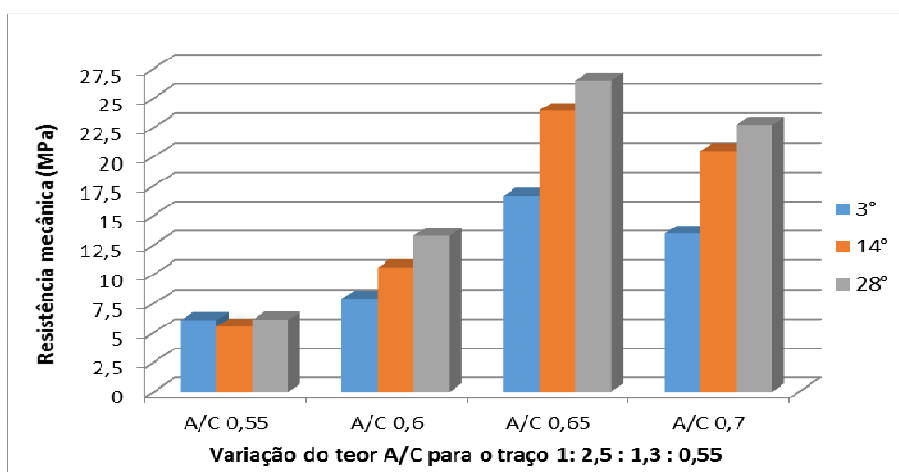


Figura 14 – Resistência mecânica média dos CP's de RSCD's provenientes do traço convencional (1:2,5:1,3:0,55) com variação da relação de A/C.

Diante dos resultados obtidos, observa-se que o concreto com agregados de RSCD com teor de A/C de 0,65 foi o que melhor se aproximou ao traço convencional em termos de resistência mecânica, com um desvio padrão no 28º dia de 0,463Mpa de acordo com a tabela 6.

Tabela 6 – Determinação do desvio padrão em relação a média do 28º dia do traço convencional.

Resultados ensaio de compressão					Desvio padrão 28º dia (σ)
Teor	Agregado	Fck (Mpa) - Dia			Fck (Mpa)
		3º	14º	28º	
0,55	Convencional	17,092	23,473	26,035	0
0,55	RCD	6,092	5,538	6,143	19,892
0,6	RCD	7,92	10,582	13,244	12,791
0,65	RCD	16,676	23,891	26,498	0,463
0,7	RCD	13,442	20,491	22,727	3,308

5.2 Módulo de elasticidade do concreto

O concreto endurecido é um material que pode ser considerado como pseudo-sólido, pois contém esqueleto sólido, água e ar. Estes dois últimos componentes respondem por parcelas importantes de suas propriedades, nas quais estão incluídas as deformações sob cargas, tanto a imediata como a lenta, e as deformações independentes da ação de cargas como a retração hidráulica. Sob a ação de cargas externas e também do peso próprio, o concreto apresenta deformações e, ao contrário do aço, não obedece à lei de Hooke, conduzindo a um diagrama tensão-deformação curvo.

Embora não obedeça à lei de Hooke, considera-se convencionalmente a existência do módulo de elasticidade do concreto. A norma NBR 6118 (2003) no tópico 8.2.8 permite calcular o módulo de elasticidade pela equação abaixo:

$$E_{Ci} = 5.600 \cdot f_{ck}^{1/2} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

E_{Ci} = Módulo de Elasticidade Inicial (MPa)

f_{ck} = Resistência a compressão característica (MPa)

Dessa forma, os valores do Módulo de Elasticidade para cada traço podem ser obtidos apresentando-se os resultados na tabela 6.

Tabela 7 – Determinação do Módulo de Elasticidade.

Módulo de Elasticidade do concreto			
Teor	Agregado	Fck (Mpa)	Módulo (Mpa)
0,55	Normal	26,035	28573,72
0,55	RSCD	6,143	13879,64
0,6	RSCD	13,244	20379,69
0,65	RSCD	26,498	28826,68
0,7	RSCD	22,727	26696,79

6 Conclusões

Os resultados obtidos para a resistência mecânica dos corpos de prova confeccionados com agregados miúdos e graúdos de RSCD demonstram a viabilidade do uso deste



material para fins estruturais. Na situação de aplicação em reforço estrutural, deve-se atentar à granulometria do agregado gráudo em função de sua finalidade.

Tendo em vista que as variações da relação A/C estão diretamente relacionadas à resistência do concreto, verificou-se para o traço escolhido neste trabalho que a relação A/C de 0,65 apresentou o melhor desempenho em termos de resistência mecânica, com um valor em média de 26 MPa aos 28 dias.

Estes resultados demonstram a sua viabilidade como forma atrativa de reciclagem, levando-se em consideração a necessidade do reaproveitamento dos resíduos, de acordo com a resolução 307 de 2002 do CONAMA.

Na maioria dos casos de reforço estrutural o objetivo é a recomposição de seções degradadas, onde existirá limitação nas dimensões dos agregados. A granulometria dos agregados gráudos de RSCD utilizados neste trabalho não possibilita a sua utilização em pequenas áreas.

Entretanto, os resultados obtidos quanto à resistência mecânica indicam a viabilidade do uso de tais agregados com granulometrias menores, para fins de confecção de concretos e grautes voltados especificamente para o reforço de estruturas de concreto, além de estudos de traços com aditivos e com variações das relações A/C.

7 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR NM 248:2003 – **Agregados - Determinação da composição granulométrica**, Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR NM 53:2003 - **Agregado gráudo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**, Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR NM 45:2006 - **Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios**, Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR NM 52:2009 - **Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente**, Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR NM 67:1998 - **Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**, Uruguai, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 5738:2003 - **Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**, Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 5739:2007 - **Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**, Rio de Janeiro, 2007.



Anais do 55º Congresso Brasileiro do Concreto
CBC2013
Outubro / 2013



@ 2013 - IBRACON - ISSN 2175-8182

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 6118:2002 - **Projetos de estruturas de concreto- Procedimento**, Rio de Janeiro, 2002.

BAUER, L. A. F., **Materiais de construção 1**. Ed. LTC Ltda, 5ª Ed, 2000.

BUTTLER, A. M., **Uso de agregados reciclados de concreto em blocos de alvenaria estrutural. (Tese de Doutorado)**. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE., **Resolução 307 de 2002**. Brasília, 2002.

HABIB, R. C. M. M., et al.. Produção de concretos através da substituição de areia natural por areia proveniente de britagem de resíduos de construção e demolição vermelho, **51º Congresso Brasileiro de Concreto**. Curitiba-PR, IBRACON, 2009.

SOUZA, V.C.M., RIPPER, T., **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. Ed. Pini Ltda, 1ª Ed, 2009.

TENÓRIO, J.J.L., **Avaliação de propriedades do concreto produzido com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição visando aplicações estruturais. Dissertação (Pós-graduação)**. Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007.